

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran logam berat terhadap lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam oleh manusia. Proses produksi dalam industri yang memerlukan suhu tinggi, seperti pertambangan batu bara, pemurnian minyak, pembangkit tenaga listrik dengan energi minyak, dan pengecoran logam, banyak mengeluarkan limbah pencemaran, terutama logam-logam yang relatif mudah menguap dan larut dalam air (bentuk ion), seperti arsen (As), kadmium (Cd), timah hitam (Pb), dan merkuri (Hg). Akumulasi limbah industri tersebut dapat menimbulkan pencemaran pada air sungai.

Sungai Bengawan Solo merupakan sungai terpanjang di pulau Jawa yang panjangnya mencapai 600 km melewati Propinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur. Sungai Bengawan Solo banyak dimanfaatkan oleh para penduduk untuk berbagai keperluan. Berdasarkan data dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo pemanfaatan DAS Bengawan Solo terutama pada daerah Jurug Surakarta digunakan untuk PDAM, air industri dan pertanian (Anonim, 2010). Sekitar 42 pabrik terdapat di wilayah Karanganyar dari 50 pabrik yang ada di sekitar sungai Bengawan Solo pada tahun 2001. Jenis industri tersebut meliputi pabrik tekstil, penyamakan kulit, *Mono Sodium Glutamate* (MSG)/vetsin, alkohol, konveksi/batik, dan cat (Solikun, 2004). Pencemaran berbagai aneka limbah industri, domestik, dan pertanian yang mengancam baku mutu air sungai Bengawan Solo mulai di bagian hulu juga hilir semakin membahayakan. Penelitian kualitas air sungai Bengawan Solo menunjukkan adanya penurunan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) dan kenaikan BOD dan COD (Rahayu dan Tontowi, 2009). Penelitian cemaran logam berat Cr, Cd dan Pb di sungai Elechi Creek Nigeria menyebabkan bioakumulasi logam berat pada air, sedimen dan siput laut (*Tympanotonus fuscatus var radula*) (Davies, *et al*, 2006) karena sungai Elechi Creek menerima pembuangan limbah dari industri dan pada daerah tersebut terdapat pemukiman yang sangat padat. Hal ini dikawatirkan juga terjadi

pada air sungai Bengawan Solo yang berada pada kawasan Jurug Surakarta karena pada daerah tersebut terdapat banyak industri-industri diantaranya industri tekstil, penyamakan kulit dan cat. Industri-industri tersebut diduga kuat membuang limbah pada aliran sungai Bengawan Solo yang berada pada kawasan Jurug Surakarta yang banyak mengandung cemaran logam berat diantaranya logam Pb dan Cd. Adanya logam berat di perairan sangat berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan biota perairan, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian untuk menentukan seberapa besar kadar logam Pb dan Cd yang terdapat dalam air sungai Bengawan Solo di sekitar kawasan industri Jurug Surakarta dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Metode ini memiliki kepekaan yang tinggi karena dapat mengukur kadar logam hingga konsentrasi sangat kecil. Selain itu, metode ini juga memiliki selektifitas yang tinggi.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Apakah terdapat kandungan logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air sungai Bengawan Solo disekitar kawasan industri Jurug Surakarta?
2. Berapa kadar logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang terdapat dalam air sungai Bengawan Solo disekitar kawasan industri Jurug Surakarta?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah maka tujuan pada penelitian ini:

1. Mengetahui ada tidaknya logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang terdapat dalam air sungai bengawan solo disekitar kawasan industri Jurug Surakarta.

2. Mengetahui kadar logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang terdapat dalam air sungai bengawan solo disekitar kawasan industri Jurug Surakarta.

D. Tinjauan Pustaka

1. Pencemaran Air

Pencemaran atau polusi adalah suatu kondisi yang telah berubah dari bentuk asal pada keadaan-keadaan yang lebih buruk. Pergeseran bentuk tatanan dari kondisi asal pada kondisi yang buruk ini dapat terjadi sebagai akibat masukan dari bahan-bahan pencemar atau polutan. Bahan polutan tersebut pada umumnya mempunyai sifat racun (toksik) yang berbahaya bagi organisme hidup. Toksisitas atau daya racun dari polutan itulah yang kemudian menjadi pemicu terjadinya pencemaran (Palar, 1994).

Air merupakan zat yang penting dalam kehidupan makhluk hidup di dunia ini, dari hewan yang berspesies terendah sampai yang tertinggi, juga manusia dan tanaman. Air yang tercemar logam-logam berbahaya akan mengakibatkan hal-hal yang buruk bagi kehidupan. Berbagai macam kasus pencemaran logam berat pernah dilaporkan di negara maju maupun negara yang sedang berkembang, begitu pula akibat buruk terhadap penduduk yang tinggal disekitarnya (Darmono, 1995). Logam berat seperti Cd, Cr dan Pb diketahui telah mencemari ikan dan air diteluk Manila Filipina (Su, *et al*, 2009). Begitu pula pada air dan sedimen di perairan Kamal Muara Jakarta Utara telah tercemar logam berat Cd, Pb dan Hg (Sarjono, 2009).

Air tawar yang biasanya mengalir di sungai, dapat mengandung logam yang berasal dari buangan air limbah, erosi dan dari udara secara langsung. Air tawar biasanya mengandung material anorganik dan organik yang mengambang lebih banyak dari pada air laut. Material tersebut mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi logam, sehingga pencemaran logam pada air tawar lebih mudah terjadi. Hal ini bukan hanya karena terdapat di daratan, tetapi karena pengaruhnya terhadap manusia yang mempergunakannya setiap hari (Darmono, 1995). Apabila air yang telah tercemar dimanfaatkan oleh

manusia untuk keperluan rumah tangga, perikanan, pertanian maupun industri akan berdampak buruk terhadap kesehatan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Baku mutu air pada sumber air adalah batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di dalam air, tetapi air tersebut tetap dapat digunakan sesuai dengan kriterianya. Menurut PP. RI No. 20 tahun 1990 mengenai kriteria kualitas air, sumber air dibedakan menjadi 4 golongan yaitu:

- a. Golongan A yaitu air dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa harus diolah terlebih dahulu.
- b. Golongan B yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku untuk diolah sebagai air minum dan keperluan rumah tangga.
- c. Golongan C yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan, dan
- d. Golongan D yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri, dan listrik tenaga air (Daftar kriteria kualitas air beserta parameter-parameternya termasuk batas konsentrasi logam dapat dilihat pada lampiran 1).

Sifat-sifat air yang umum diuji dan dapat digunakan untuk menentukan tingkat polusi air misalnya: nilai pH (keasaman dan alkalinitas), suhu, warna, bau dan rasa, jumlah padatan, nilai BOD/COD, pencemaran mikroorganisme patogen, kandungan minyak, kandungan logam berat, kandungan bahan radioaktif (Fardiaz, 2002).

2. Sumber Pencemaran

Sumber pencemaran adalah setiap kegiatan yang membuang atau mengeluarkan zat atau bahan pencemar yang dapat berbentuk cair, gas, atau partikel tersuspensi dalam kadar tertentu ke dalam lingkungan (Wardhana, 1996).

Suatu tatanan lingkungan hidup dapat tercemar atau menjadi rusak disebabkan oleh banyak hal, antara lain: pencemaran dari hasil penggunaan dan kebutuhan bahan kimia, yaitu pencemaran logam berat, pencemaran panas, pencemaran limbah industri, pencemaran oleh pestisida, radionukleotida, dan

sebagainya (Palar, 1994). Industri kimia dan industri yang menggunakan bahan-bahan kimia merupakan salah satu jenis industri yang berpotensi untuk mencemari lingkungan (Sunu, 2001).

Cara atau pola masuknya polutan ke sungai dapat dibagi menjadi dua yaitu *point source* (terpusat) dan *non point source* (tidak terpusat). *Point Source* artinya polutan masuk ke badan air penerima dialirkan melalui satu pipa. Sistem ini sangat mudah untuk diidentifikasi karena polutan keluar dari satu titik sumber. Limbah industri dan domestik di perkotaan yang diolah terlebih dahulu di *Waste Water Treatment Plan* termasuk kedalam *point source*. *Non point source* (NPS), artinya polutan masuk ke badan air penerima melalui seluruh area atau sepanjang aliran sungai. Secara umum polutan tersebut masuk ke sungai karena terbawa oleh aliran permukaan (air hujan). Yang termasuk kedalam NPS adalah pertanian dan perkotaan (*urban*). Oleh sebab itu NPS ini sangat berhubungan erat dengan kondisi tata guna lahan di daerah aliran sungai (Sofyan, 2002).

Gangguan terhadap lingkungan diukur menurut besar kecilnya penyimpangan dari batas-batas yang ditetapkan (nilai ambang batas). Dua sistem baku lingkungan yaitu:

a. Effluent Standard

Merupakan konsentrasi maksimum limbah yang diperbolehkan dibuang di lingkungan, antara lain digunakan untuk pencemaran, perizinan, dan pengawasan mutu air limbah dari berbagai sektor seperti: perindustrian, pertambangan, dan lain-lain.

b. Stream Standard

Merupakan batas konsentrasi untuk sumber daya tertentu seperti, sungai, waduk, danau dan lain-lain (Darsono, 1995).

3. Logam Berat

Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), kadmium (Cd), khromium (Cr) dan nikel (Ni). Logam-logam tersebut diketahui dapat mengumpul didalam tubuh suatu organisme, dan tetap tinggal dalam tubuh

dalam jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Fardiaz, 1992). Karakteristik dari kelompok logam berat diantaranya memiliki spesifikasi gravitasi sangat besar (lebih dari 4), mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lanatida dan aktinida, mempunyai respon biokimia khas (spesifik) dalam organisme hidup (Palar, 1994). Logam berat dalam jangka waktu lama dapat berakumulasi dalam makhluk hidup merupakan respon biokimia khas logam berat dalam organisme hidup. Penelitian terhadap logam seperti Cd, Cr dan Pb menunjukkan bahwa logam tersebut berakumulasi dalam hati dan otot ikan (Su, 2009).

a. Timbal (Pb)

1) Penyebaran, Sifat dan Penggunaan

Timbal lebih tersebar luas dibanding kebanyakan logam toksik lainnya. Kadarnya dalam lingkungan meningkat karena penambangan, peleburan, pembersihan, dan berbagai penggunaannya dalam industri (Frank, 1995). Polusi timbal (Pb) dapat terjadi di udara, air maupun tanah. Kandungan timbal di dalam tanah rata-rata adalah 16 ppm, tetapi pada daerah-daerah tertentu mungkin dapat mencapai beberapa ribu ppm.

Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifat-sifatnya sebagai berikut:

- a) Timbal mempunyai titik cair yang rendah sehingga jika digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang cukup sederhana dan tidak mahal.
- b) Timbal merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk.
- c) Sifat kimia timbal menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak dengan udara lembab.
- d) Timbal dapat membentuk alloy dengan logam lainnya, dan alloy yang terbentuk mempunyai sifat berbeda dengan timbal yang murni.
- e) Densitas timbal lebih tinggi dibandingkan dengan logam lainnya kecuali emas dan merkuri (Fardiaz, 2002).

Penggunaan utama dalam industri, misalnya sebagai zat tambahan bahan bakar dan pigmen timbal dalam cat, yang merupakan penyebab utama peningkatan kadar Pb di lingkungan, kini secara berangsur-angsur telah dihentikan. Tetapi dalam penggunaan dalam aki mobil dan kabel tidak banyak berkurang (Frank, 1995). Penggunaan lainnya dari timbal adalah untuk produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel, pipa dan solder, bahan kimia, pewarna dan lain-lainnya (Fardiaz, 2002).

2) Keracunan Timbal (Pb)

Bentuk kimia Pb merupakan faktor penting yang mempengaruhi sifat-sifat Pb di dalam tubuh. Komponen Pb organik, misalnya tetraetil Pb, segera dapat terabsorpsi oleh tubuh melalui kulit atau membran mukosa. Hal ini merupakan masalah bagi pekerja-pekerja yang bekerja di pabrik-pabrik yang memproduksi komponen tersebut. Komponen Pb di dalam bensin, meskipun berbentuk komponen organik, tidak merupakan bahaya polusi dalam bentuk organik karena selama pembakaran akan diubah menjadi bentuk anorganik. Komponen ini dilepaskan di udara dan sifatnya kurang berbahaya dibandingkan dengan Pb organik. Pb anorganik diabsorpsi terutama melalui saluran pencernaan dan pernapasan, dan merupakan sumber Pb utama di dalam tubuh (Fardiaz, 2002).

Timbal dalam bentuk larutan diabsorpsi sekitar 1-10% melalui dinding saluran pencernaan. Sistem darah porta hepatis (dalam hati) membawa timbal tersebut dan dideposisi dan sebagian lagi dibawa darah dan didistribusikan ke dalam jaringan. Timbal kemudian diekskresikan melalui urine dan feses. Kebanyakan ekskresi terjadi melalui cairan empedu ke dalam intestinum dan sebagian kecil diekskresikan melalui dinding intestinum dan ginjal melalui air susu, keringat dan rambut.

Gejala yang khas dari keracunan Pb ini dibagi menjadi 3 bentuk yaitu:

- a) *Gastroenteritis*. Ini disebabkan oleh reaksi rangsangan garam Pb pada mukosa saluran pencernaan sehingga menyebabkan pembengkakan, dan

gerak kontraksi rumen dan usus terhenti, peristaltik usus menurun sehingga terjadi konstipasi dan kadang-kadang diare.

- b) *Anemia*. Timbal terbawa dalam darah dan lebih dari 95% berikatan dengan eritrosit. Ini menyebabkan mudah pecahnya sel darah merah dan berpengaruh terhadap sintesis Hb, sehingga menyebabkan anemia. Anemia ini ditandai dengan anisositosis polikrimasia, jumlah retikulosit naik dan juga sel darah bernukleus ditemukannya basofilik stipling merupakan ciri khas keracunan Pb.
- c) *Encefalopati*. Timbal menyebabkan kerusakan sel endotel dan kapiler darah di otak. Pada umumnya barier darah otak sangat mudah dilalui (*permeabel*) oleh air, CO₂ dan O₂, tetapi sedikit permeabel terhadap elektrolit seperti Na, Cl, dan K, dan tidak dapat dilalui (*impermeabel*) oleh sulfur dan logam berat. Tetapi pada saat sel endotelial rusak, bentuk protein yang berukuran besar dapat lewat dan masuk ke dalam otak. Tekanan osmosis cairan ekstraseluler yang memenuhi otak mengakibatkan oedema otak. Kapiler darah otak ini sangat peka terhadap keracunan Pb, terutama pada hewan muda pada saat otak berkembang dengan cepat (Darmono, 1995).

b. Kadmium (Cd)

1) Penyebaran, Sifat dan Penggunaan

Kadmium terdapat di alam terutama dalam bijih timbal dan zink. Karenanya, logam ini banyak dilepaskan di daerah dekat tambang dan tempat peleburan logam-logam ini. Kadarnya di udara biasanya dalam rentang nano gram/meter kubik, tetapi dapat berjumlah beberapa miligram per meter kubik ditempat kerja tertentu. Kadarnya dalam air sangat rendah (sekitar 1 µg/L) kecuali di daerah yang tercemar. Sebagian besar makanan mengandung sejumlah kecil kadmium. Padi-padian dan produk biji-bijian biasanya merupakan sumber utama Cd (Frank, 1995).

Logam kadmium menjadi populer setelah timbulnya pencemaran air sungai di wilayah Kumamoto Jepang yang menyebabkan keracunan pada manusia. Logam ini biasanya selalu ada bercampur dengan logam lain,

terutama dalam pertambangan seng (Zn) dan timah hitam yang selalu ditemukan kadmium dengan kadar 0,2% - 0,4%. Sifat dan kegunaan logam ini adalah:

- a) Mempunyai sifat tahan panas sehingga sangat bagus untuk campuran pembuatan bahan-bahan keramik, enamel dan plastik.
- b) Sangat tahan terhadap korosi sehingga bagus untuk melapisi pelat besi dan baja.

Kadmium berwarna putih keperakan menyerupai aluminium. Logam ini digunakan untuk melapisi logam seperti halnya seng, tetapi kualitasnya menjadi lebih baik walaupun harganya lebih mahal. Logam ini juga biasa digunakan sebagai elektrolisis dimana logam direndam atau disemprot. Seperti halnya Pb, Cd juga banyak digunakan sebagai bahan pigmen untuk industri cat, enamel dan plastik, biasanya dalam bentuk sulfida yang dapat memberi warna kuning sampai coklat sawo matang. Bentuk garam kadmium dari asam lemah sangat bagus untuk stabilisator pada pembuatan PVC ataupun plastik untuk mencegah radiasi dan oksidasi (Darmono, 1995).

2) Keracunan Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan logam penyebab toksisitas kronis yang biasanya terakumulasi dalam tubuh terutama dalam ginjal. Keracunan Cd dalam jangka waktu lama bersifat toksik terhadap beberapa macam organ, yaitu paru-paru, tulang, hati dan ginjal. Penelitian pada orang dan hewan percobaan menunjukkan bahwa logam ini juga bersifat neurotoksin. Orang yang keracunan Cd melalui debu secara kronis dapat menyebabkan kekurangan indra penciuman dan akan kembali normal jika toksik dari debu tersebut dihentikan (Darmono, 1995). Toksisitas efek akut pajanan Cd terutama mengakibatkan iritasi lokal. Setelah termakan, manifestasi klinisnya berupa mual, muntah-muntah, dan nyeri perut setelah penghirupan. Efek yang ditimbulkannya antara lain adalah edema paru-paru dan pneumonitis kimia (Frank, 1995).

4. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Peristiwa serapan atom pertama kali diamati oleh Fraunhofer, ketika menelaah garis-garis hitam pada spektrum matahari. Sebelumnya ahli kimia banyak tergantung pada cara-cara spektrofotometrik atau metode analisis spektrografik. Beberapa cara ini yang sulit dan memakan waktu, kemudian segera digantikan dengan spektroskopi serapan atom atau *atomic absorption spectroscopy* (AAS). Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis. Ini disebabkan diantaranya oleh kecepatan analisisnya, ketelitiannya sampai tingkat runut, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan. Kelebihan kedua adalah kemungkinannya untuk menentukan konsentrasi semua unsur pada konsentrasi runut. Ketiga, sebelum pengukuran tidak selalu perlu memisahkan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia (Khopkar, 1990).

a. Prinsip Analisis Spektrofotometri Serapan Atom

Metode SSA berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unurnya. Cahaya pada gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik. Dengan absorpsi energi, atom pada keadaan dasar dapat berpindah ketingkat eksitasi. Keberhasilan analisis ini tergantung pada proses eksitasi dan cara memperoleh garis resonansi yang tepat. Temperatur nyala harus sangat tinggi (Khopkar, 1990).

b. Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif dengan SSA, maka sampel harus dalam bentuk larutan. Penting untuk diingat bahwa larutan yang akan dianalisis haruslah sangat encer. Ada beberapa cara melarutkan sampel, yaitu:

- 1) Langsung dilarutkan dengan pelarut yang sesuai.
- 2) Sampel dilarutkan dalam suatu asam.

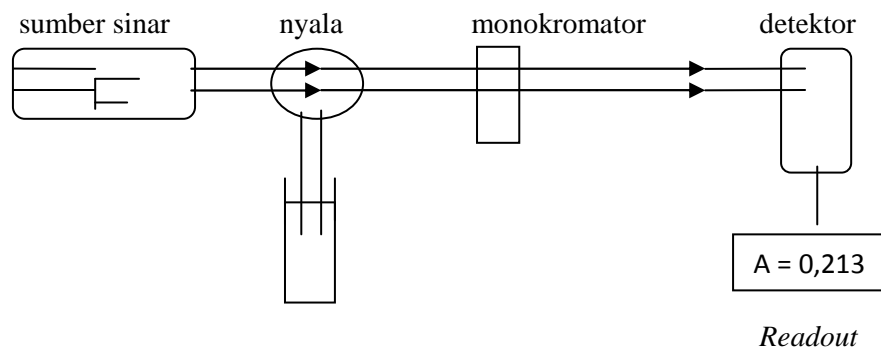
- 3) Sampel dilarutkan dalam suatu basa atau dilebur dahulu dengan basa kemudian hasil leburan dilarutkan dalam pelarut yang sesuai.

Metode pelarutan apapun yang akan dipilih untuk dilakukan analisis dengan SSA, yang terpenting adalah bahwa larutan yang dihasilkan harus jernih, stabil, dan tidak mengganggu zat-zat yang akan dianalisis (Gandjar dan Rohman, 2007).

c. Analisis Logam Dengan SSA

Konsentrasi logam berat dalam perairan sangat kecil hingga kadarnya mencapai beberapa ppm. Pemilihan metode analisis yang sesuai untuk logam-logam berat seperti Zn, Mn, Cu, Ni, Cd, Co, Cr, Fe, Pb yaitu menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) (Su, *et al*, 2009; Adefemi, *et al*, 2008; Davies, *et al*, 2006).

d. Instrumentasi



Gambar 1. Skema Spektrofotometer Serapan Atom (Gandjar dan Rohman, 2007).

1) Sumber sinar

Sumber sinar yang lazim dipakai adalah lampu katoda berongga (*hollow cathode lamp*). Lampu ini terdiri atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Apabila antara anoda dan katoda diberi suatu selisih tegangan yang tinggi (600 volt), maka katoda akan memancarkan berkas-berkas elektron yang bergerak menuju anoda dengan kecepatan dan energi yang sangat tinggi. Elektron-elektron tersebut dalam perjalanannya menuju anoda akan bertabrakan dengan gas-gas mulia dan membuat unsur-unsur gas mulia kehilangan elektron dan menjadi ion

bermuatan positif. Katoda terdapat unsur-unsur yang sesuai dengan unsur yang dianalisis. Unsur-unsur ini akan ditabrak oleh ion-ion positif gas mulia. Akibat tabrakan ini, unsur-unsur akan terlempar keluar dari permukaan katoda. Atom-atom unsur dari katoda ini akan mengalami eksitasi ke tingkat energi-energi elektron yang lebih tinggi dan akan memancarkan spektrum pancaran dari unsur yang sama dengan unsur yang dianalisis.

2) Tempat sampel

Analisis dengan spektrofotometri serapan atom, sampel yang dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netral yang masih dalam keadaan azas. Ada berbagai macam alat yang dapat digunakan untuk mengubah suatu sampel menjadi uap atom-atom yaitu dengan nyala (*flame*) dan dengan tanpa nyala (*flameless*).

a) Nyala (*Flame*)

Nyala digunakan untuk mengubah sampel yang berupa padatan atau cairan menjadi bentuk uap atomnya, dan juga berfungsi untuk atomisasi. Pada umumnya nyala dari gas asetilen-nitro oksida menunjukkan emisi latar belakang (*background*) yang kuat. Efek emisi nyala dapat dikurangi dengan menggunakan keping pemotong radiasi (*chopper*). Sumber nyala yang paling banyak digunakan adalah campuran asetilen sebagai bahan pembakar dan udara sebagai pengoksidasi.

b) Tanpa nyala (*Flameless*)

Pengatoman pada sistem tanpa nyala dapat dilakukan dalam tungku dari grafit seperti tungku yang dikembangkan oleh Masmann. Sistem pemanasan dengan tanpa nyala ini dapat melalui 3 tahap yaitu pengeringan (*drying*) yang membutuhkan suhu relatif rendah, pengabuan (*ashing*) yang membutuhkan suhu yang lebih tinggi karena untuk menghilangkan matriks kimia dengan mekanisme volatilasi atau pirolisis, dan pengatoman (*atomising*).

3) Monokromator

Monokromator dimaksudkan untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Disamping sistem optik, dalam monokromator juga terdapat suatu alat yang digunakan untuk memisahkan radiasi resonansi dan kontinyu yang disebut dengan *chopper*.

4) Detektor

Detektor digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengatoman. Biasanya digunakan tabung penggandaan foton (*photomultiplier tube*). Ada 2 cara yang dapat digunakan dalam sistem deteksi yaitu: (a) yang memberikan respon terhadap radiasi resonansi dan radiasi kontinyu; dan (b) yang hanya memberikan respon terhadap radiasi resonansi.

5) Readout

Readout merupakan suatu alat penunjuk atau dapat juga diartikan sebagai sistem pencatat hasil. Pencatatan hasil dilakukan dengan suatu alat yang telah terkalibrasi untuk pembacaan suatu transmisi atau absorbansi. Hasil pembacaan dapat berupa angka atau berupa kurva dari suatu *recorder* yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi (Gandjar dan Rohman, 2007).

E. Keterangan Empiris

Penelitian ini diharapkan memberikan data ilmiah mengenai tingkat pencemaran logam Pb dan Cd pada air sungai Bengawan Solo yang berada di sekitar kawasan Industri Jurug Surakarta.